

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平10-509241

(43)公表日 平成10年(1998)9月8日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 L 9/12
H 0 1 L 29/84

識別記号

F I
G 0 1 L 9/12
H 0 1 L 29/84

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平8-516951
(86) (22)出願日 平成7年(1995)11月9日
(85)翻訳文提出日 平成9年(1997)5月22日
(86)国際出願番号 PCT/US 95/14770
(87)国際公開番号 WO 96/16418
(87)国際公開日 平成8年(1996)5月30日
(31)優先権主張番号 08/343,712
(32)優先日 1994年11月22日
(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 ケース ウエスタン リザーブ ユニバーシティ
アメリカ合衆国、44106、オハイオ州、クリーブランド、アデルバート ロード
2040
(72)発明者 コー、ウェン エイチ。
アメリカ合衆国、44118、オハイオ州、クリーブランド ハイツ、フォレスト ヒルズ ブールバード 1356
(74)代理人 弁理士 川北 武長

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 容量型絶対圧センサおよび方法

(57)【要約】

容量型絶対圧センサ(10)は、上面に電極(24)を堆積形成した基板(14)と、基板(14)の上に配設されたダイヤフラム組立体(12)とを含む。圧力が増加すると、ダイヤフラム(16)が歪曲し、電極(24)に接触し(接触モード)、センサ(10)の静電容量が変化する。変化した静電容量を検出することにより圧力変化を検出する。ダイヤフラム(16)下方のチャンバ(34)内の静電容量の変化を検出するために埋め込みフィードスルーが使用され、これにより検出した圧力が測定される。チャンバ(34)内の真空は、検出電極と絶縁層(32)の厚さを適切に選択し、それらを熱サイクルに晒し、そしてダイヤフラム組立体(12)を基板(14)に気密接合することによって維持される。

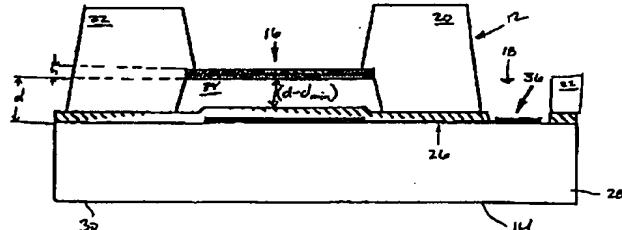


図 3

【特許請求の範囲】

1. 容量型圧力センサであつて、

1) 上面に配置した電極、2) 電極によって接続された第1と第2の部分、および3) 第1部分においてのみ電極を覆うように配置された絶縁層を有する基板と、

基板上に設けられ、フレーム構造、およびダイヤフラムが横切るように配設された第1の領域と第2の開口した領域とを形成する分離壁を有するダイヤフラム組立体とを有し、

1) 基板の第1部分がダイヤフラムと位置合わせされ、ダイヤフラム、基板、分離壁、および第1領域を形成するフレーム構造の対応部分が真空チャンバを形成し、2) 基板の第2部分が第2の開口した領域と位置合わせされて電極への接近を容易にするように第1および第2の領域が基板上に配置され、

分離壁は、全体として第1および第2領域を分離し、第1の部分において電極上の絶縁層に接触し、絶縁層と電極は所定の厚さであり、絶縁層は電極の回りで変形し、真空チャンバ内における真空状態を封止して維持するようにした容量型圧力センサ。

2. センサが大きな外力、圧力、および温度の最大値に耐え、これにより安定性を維持するようにフレーム構造と分離壁の寸法が決められている、請求項1に記載のセンサ。

3. 絶縁層の所定の厚さが約0.3～3.0ミクロンである、請求項1に記載のセンサ。

4. 電極の所定の厚さが約0.1～0.3ミクロンである、請求項1に記載のセンサ。

5. 真空チャンバが静電容量を有する、請求項1に記載のセンサ。

6. 圧力がダイヤフラムに加えられたとき静電容量が変化する、請求項5に記載のセンサ。

7. 圧力によりダイヤフラムが絶縁層に接触する、請求項6に記載のセンサ。

8. 電極がクロムと白金を含み、これにより絶縁層への接着を良好にしている、請求項1に記載のセンサ。

9. ダイヤフラムに加えられた圧力の関数としてダイヤフラムが歪曲して絶縁層に接触し、接触モードでの動作が実現される、請求項1に記載のセンサ。

10. センサは接触した領域において直線動作範囲を有する、請求項9に記載のセンサ。

11. 歪曲して絶縁層に接触したことによる過負荷圧力にセンサが耐え得る、請求項10に記載のセンサ。

12. 直線動作領域が必要とされる圧力範囲に対応するように非直線領域での出力電圧が抑制される、請求項11に記載のセンサ。

13. 容量型圧力センサを製作する方法であって、

分離壁によって分離された第1および第2の間隙をシリコンウェーハの一方の側にエッティングによって形成し、

拡散プロセスを行って間隙内にP+層を形成し、

第1の部分と第2の部分を有する基板の表面上に電極およびパッドの形で金属を堆積させて、電極が第1および第2の領域をつなぎ、パッドが第2の領域において広がるようにし、

表面および電極上にガラスをスパッタリングし、

ガラスを電極の回りで変形させ、

シリコンウェーハを基板に接合して、第1の間隙を基板の第1部分と位置合わせし、第2の間隙を基板の第2部分と位置合わせし、第1の間隙と第1部分によってチャンバを形成し、

ウェーハの第1の側と反対側の第2の側をエッティングして、(1) 第1の間隙と第1部分とに位置合わせされたダイヤフラム、ならびに(2) 第2の間隙と第2部分とに位置合わせされたキャップを形成し、

キャップ、および電極上のガラスの対応する部分を除去して電極を露出させ、

これによって、電極回りでのガラスの変形と接合の結果、チャンバが封止される方法。

14. ガラスが電極の回りで変形するようにガラスの厚さを選択することを更に含む、請求項13に記載の方法。

15. 前記選択工程が、0.3~3ミクロンとなるように厚さを選択することを

含む、請求項14に記載の方法。

16. 第1および第2間隙、ダイヤフラムおよびキャップを形成するエッティングは、センサが大きな外力および温度の最大値に耐え、これにより安定性を維持するように寸法が決められたフレーム構造を形成するものである、請求項13に記載の方法。

17. ウェーハと基板が接合される間に、第1の間隙を真空にすることを更に含む、請求項13に記載の方法。

18. 変形・接合工程が、基板とシリコンウェーハを選択された熱サイクルに晒すことを含む、請求項13に記載の方法。

19. 選択された熱サイクルが、

ガラス基板、堆積金属電極、およびスパッタリングされたガラスを約30分間、第1の温度に晒す工程と、

ガラス基板、堆積金属電極、スパッタリングされたガラス、およびシリコンウェーハを約30分間、第2の温度に晒し、シリコンウェーハを基板に接合する工程と、

基板、堆積金属電極、スパッタリングされたガラス、および接合されたシリコンウェーハをゆっくり約1時間冷却する工程と
を含む、請求項18に記載の方法。

20. 第1の温度が約500℃である、請求項19に記載の方法。

21. 第2の温度が、センサの残留応力を減少させる350℃～400℃の範囲である、請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

容量型絶対圧センサおよび方法

発明の背景

本発明は、工業的アプリケーションにおいて圧力を検出するためのデバイスに関するものである。特に、本発明は、良好な安定性を有し、電力消費が少なく、構造が頑丈で、過圧力に対する保護範囲が広く、そしてゼロ抑制 (zero suppression) を使用することによって良好な直線性と感度の向上が達成できる容量型絶対圧センサに関するものである。

本発明は、特に容量型絶対圧センサの技術に関するもので、したがって容量型絶対圧センサを参照して本発明を記載するが、本発明は他の分野においても有用であり、加速度計、力センサ、およびダイヤフラム型アクチュエータ等に適用できるものであることは理解されるであろう。

本発明は、接触モードで動作させることが好ましい。接触モードのセンサは、例えば、ディング (Ding) らの接触モード・シリコン容量型圧力センサ (Touch Mode Silicon Capacitive Pressure Sensors) (1990年ASME冬季年次集会 (Winter Annual Meeting)、1990年11月25日) に記載されている。

簡単に述べると、接触モードセンサについて以下のように記載されている。例えば、ある形式のダイヤフラムを使用した容量型圧力センサは、接触モードであるか否かに関わらず、ダイヤフラムに圧力が加えられた時、ダイヤフラムが歪曲する。この歪曲によりダイヤフラムの下側にある空隙が必ず変化する。空隙が変化すると容量が変化し、この容量変化が検出されて圧力の測定値が決定される。接触モードでは、ダイヤフラムが歪曲すると、その下にある表面に実際に接触する。接触面積は容量変化の大きさを決定する。

しかし、その開示されたセンサは、真空の封止された間隙、または埋め込み電極構造を使用してダイヤフラム下方の領域への接続を行って、検出動作を便利にするための電気的なフィードスルーを達成するといった、本発明の有用な特徴を備えていない。さらに、その開示されたセンサは、安定性およびヒステリシスの面で問題があったが、本発明ではこれらの問題が解決されている。

さらに、ザニニ・フィッシャー (Zanini-Fisher) らに許可された米国特許第

5, 264, 075号には、シリコン／ガラス容量型絶対圧センサの製造方法が

開示されている。しかし、この開示された製造方法は極めて複雑で、センサの構造的に特異なものとなる。

一般的に、従来の容量型絶対圧センサは約-50°C～100°Cの限られた温度範囲で動作する。また、公知のセンサには、指定された動作温度および圧力、ならびにより高い（動作値に非常に多い倍数を掛けた）製造時の温度および圧力の両方に耐えるものはない。例えば、センサのタイヤへの埋め込み成形は、従来のセンサが上記の要求基準を満たすことができない環境の一例である。また、低コストまたは中程度のコストの市販のデバイスの殆どは、現場 (field) において時間の経過とともに基線 (base line) がドリフトする問題がある。このため、典型的には、較正を行わないと、精度は現場において約1年の間に±1%よりも悪くなる。本発明の設計は、これらの工業的アプリケーションでの問題を解決できる。

容量型絶対圧センサの最も困難な問題の一つは、気密シールされた基準キャビティから、検出のために接近し易い領域への電気的なフィードスルーの設計と製造である。したがって、センサの製造およびパッケージングにおいて、電気的フィードスルーについての低成本で、信頼性が高く、ウェーハレベルでの製造技術が益々重要になっている。

幾つかの電気的フィードスルー構造が開発されている。その一つは、P-N接合フィードスルーを使用した真空シールである。この技術では、上側のセンサ／ダイヤフラム構造を形成するためにN型シリコンが使用される。上側電極はP+シリコンダイヤフラムである。しかし、下側電極は、ガラス基板ウェーハ上の二つの分離した金属パターンによって形成されている。拡散されたP'フィードスルーハーがN型シリコン上に形成され、アノード（静電）ボンディングプロセスの間に二つの部分を接合するために用いられる。したがって、ウェーハレベルのプロセスに基づくこの技術により複数のフィードスルーハーを有する気密シールされたキャビティーを製造できる。

しかし、このフィードスルー構造は、P-N接合に関連した問題がある。接合

部の保護が不適切であると、接合ノイズおよび逆漏れ電流によりセンサの性能が悪化する。接合部の保護に加え、拡散によって引き起こされる表面段差を減少さ

せるためにP+フィードスルーを形成するイオン注入が推奨される。このように高性能の圧力センサを製造するのに必要な改良点は多すぎる。

他の技術も開発されたがこれらは不完全であり、製造上および／または動作上の欠陥を有する。ある技術では、電気的フィードスルー用のチャンネルがシリコン分離壁中にエッティングによって形成される。静電（アノード）ボンディングによってシリコンダイヤフラム組立体とガラス基板とを結合した後、基板電極を小さいチャンネルを介してチャンバから外側のボンディングパッドまで引き出される。容量型絶対圧センサのための気密シールされたキャビティを得るために、フィードスルーチャンネルの小さい穴が密封される。この目的のためのシール剤としてはガラスフリットが使用される。

真空炉内において直接真空シールが行われる。チャンネルを密封するために適切な組成のガラスフリットを塗布したデバイスを真空炉に入れ、ガラスフリットが溶ける決められた温度一時間曲線に従って加熱する。その後、炉を室温まで冷却し、これにより電気的フィードスルーを密封する。

まだ不完全ではあるが、ウェーハレベルのプロセスで基準キャビティを密封するためのアプローチは、チャンネルの開口全体にバイレックスガラスの薄膜をスパッタリングすることによる真空シールである。密封プロセスを容易にするためにシリコン中に1ミクロンの深さのチャンネルをエッティング形成する。チャンネル領域を除くデバイスの殆どの領域をブロックするためにシリコンマスクを形成する。このマスクをデバイスウェーハと位置合わせし、一緒に固定する。この複合ウェーハをスパッタリング装置に送る。3ミクロンのガラス膜、または他の形式の絶縁膜をスパッタリングにより堆積させ、1ミクロンの深さのチャンネルを密封する。

本発明は、上記の問題や他の問題を解決する新規で改善された容量型絶対圧センサを意図するものである。

発明の概要

信頼性が高く、堅牢な容量型絶対圧センサが実現される。センサは、堆積形成された電極を有する基板と、この基板に気密的に接合されたダイヤフラム組立体

とを含む。好ましくは、圧力の増加とともにダイヤフラムが歪曲し、電極に接触し（接触モード動作）、ダイヤフラム下方の容量を変化させる。容量の変化を検出して検出圧力を測定するために、埋め込みフィードスルー技術を使用して基板上の電極をダイヤフラムの下側から効果的に引き出す。

本発明の他の様相では、ダイヤフラムの下側からセンサの接近可能部分へ電極が延在するセンサの領域を密封するための気密シールがセンサに設けられる。

本発明の他の様相では、センサを形成する方法が、シリコンウェーハの第1側面上の第1および第2間隙を、それらが分離壁によって分離されセンサチャンバと電極チャンバを形成するようにエッチングすることを含む。その後、金属電極を、ガラス、シリコンまたはその他の好適な材料からなる別の基板の上に堆積させ、その金属電極全体にわたってガラス層を堆積させる。ウェーハと別基板を接合する。センサ上にダイヤフラムと検出領域を形成するためにウェーハの第1側面と反対側の第2側面をエッチングする。電極は分離壁の下から電極チャンバに延ばされ、封止される。

本発明の他の様相では、密封工程が、電極とガラス層の厚さを好適に選択することを含む。

本発明の他の様相では、密封工程が、ガラス、シリコンまたはその他の好適な材料からなる基板を熱サイクルに晒すことを含む。

本発明の他の様相では、センサは、製造、設置、および／または使用に関連する厳しい環境に耐えるための堅牢なデザインに構成されている。

本発明の利点は、圧力の検出を簡単な構成で実現できることである。

本発明の別の利点は、堅牢な設計から安定性、高性能、および高信頼性が得られることである。

他の利点は、検出のための電極の便利なフィードスルーが、材料の適切な選択と熱サイクルの選択によって達成されることである。

他の利点は、好適な接触モードでは、センサは好ましい直線的な特性を示し、

ゼロサプレッション、過負荷保護および高感度を有することである。

本発明の適用可能性の更なる範囲は、下記の詳細な説明から明らかになるであろう。しかし、詳細な説明および具体例は、本発明の好適な実施例を示すもので

はあるが、本発明の精神と範囲内での種々の変化および変更は当業者には明らかになるものであり、それらの具体例は単なる例示に過ぎないことを理解しなければならない。

図面の説明

本発明は、デバイスの各種部位の組立、配列、組み合わせにあり、これにより以下に詳述するようにして所期の目的を達成するものであり、具体的には請求の範囲において述べられ、また添付図面に示されている。

図1は本発明の好適な実施例を示す組立図であり、

図2は図1のデバイスの平面図であり、

図3は図1のデバイスの断面図（図2における3-3断面）であり、

図4は図2における4-4断面図であり、

図5は図2における5-5断面図であり、

図6は図1のデバイスの部分断面図で、シール不良をもたらす好ましくない間隙を示し、

図7は図1のデバイスの部分断面図で、好ましいシール様態を示し、

図8(a)～8(i)は図1のデバイスを形成する好適な方法を示し、

図9は接触モードで動作している図1のデバイスの断面図であり、

図10は図1のデバイスの圧力-電圧特性曲線である。

好適な実施例と方法の詳細な説明

本発明に係るシリコン容量型絶対圧センサは、良好な安定性、低電力消費、堅牢な構造、大きな超過圧力耐性、および広い測定範囲、直線性と感度を向上させるためにゼロ抑制を使用する特徴の組み込みといった利点を有する。本発明は、各種の困難な環境下で広い測定範囲にわたって経時的に安定した動作を要求される工業的アプリケーションやその他のアプリケーションのためのシリコン絶対圧センサの設計、製造、パッケージングに関する。本センサは、ゼロ抑制の特徴を

使用し接触モードで動作させるのが好ましい。しかし、非接触モードでの動作も可能である。本設計手法およびパッケージング技術により独自の性能を達成している。

本容量型絶対圧センサの性能データを以下にまとめて示す。

- 動作温度 : $-150^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$
- 圧力範囲 : $10^{-1} \sim 10^3 \text{ psi}$ (フルスケール) を測定できるように設計可能
- 過負荷圧力 : $200\% \sim 200,000\%$ (フルスケール) または 500 psi
- 製造圧力 : 最大 500 psi (数時間)
- 製造温度 : 最大 300°C (数時間)
- 精度 : フルスケールの $\pm 1.5\%$ ($5 \sim 10$ 年の使用)
- ヒステリシス : フルスケールの 1% 未満 ($5 \sim 10$ 年の使用)
- 電源 : $3 \sim 30$ ボルト ($5 \sim 15$ ミリワット) (CP-10型静電容量ノード電圧インターフェース回路を使用)

図面は本発明の好適な実施例を説明するためのみを目的とするものであり、本発明を限定するものではない。図1、図2は好適な実施例の全体を示す図である。センサ10は2つの主構成要素、つまり、シリコンダイヤフラム組立体12およびガラスまたはシリコン基板14から成る。

組立体12は好ましくは正方形または長方形で、P+エッチストップ技術を用いてボロンドープ型(P+)シリコンで形成する(あるいはP-N接合エッチストップ技術を用いてNドープ型シリコンで形成する)。ダイヤフラム組立体12は、ダイヤフラム16が配設された領域15、開口18を有する領域17を有する。これらの領域は比較的厚い分離壁20と比較的厚いフレーム22により形成されている。

電極26は基板14上に形成されており、好ましくは3層の金属層、つまりクロムから成る2つの外層と白金から成る1つの内層から成る(Cr-Pt-Cr)。電極のクロム層はポンディングする上で有利であり、白金層は良好な導電性

をもたらす。電極 24 はダイヤフラム 16 との接触に使用し、開口 18 の下に配設された部位 28 にはほぼ配設されている。更に、後で図 4、図 5 を参照して説明するように、電極 24 は基板 14 に直接設置されているのではなく、基板上の

絶縁層上に設置されている。電極 26 は部位 28 と、ダイヤフラム 16 と位置合わせされた部位 30 との間に延在している。

センサの実際の寸法は、圧力範囲やセンサが耐える必要のある最大温度・圧力により変わる。例えば、動作圧力が約 100 psi、最大圧力 400 psi、最高温度 250 °C のセンサの場合、ダイヤフラム 16 の幅 b は 250 ミクロン、ダイヤフラム 16 の長さ a は 750 ミクロン、壁 20 の厚さは 500 ミクロン、壁 20 の高さは 300 ミクロンであり、この高さ 300 ミクロンは、75 mm シリコンウェーハの厚みである。フレーム 22 は壁 20 の厚みと高さに適合する大きさとなっている。しかし、本発明の目的が達成される限り、適切であればいかなる寸法を用いても良いことは理解できるところである。

特に、上記の好ましい寸法から明白なように、壁 20 とフレーム 22 は厚肉で堅牢な構造に製造されている。このような設計の利点は、こうすることによりセンサ 10 が製造、設置および動作時の最大温度・圧力に耐えることである。本センサは、特に、センサを自動車用タイヤに埋め込み成形したり、自動車用タイヤの圧力を検出する場合のような比較的過酷な条件で使用できる。当業者には明らかなように、本センサにより検出された静電容量（電圧）変化を監視するために、本センサと併せて適切な電子技術が使用される。更に、電子技術を利用して、遠隔地からそのような監視を行うこともできる。

図 1 および図 2 を引き続き参照し、図 3 について説明する。ダイヤフラム組立体 12 は静電的に基板 14 に接合され、容量型圧力センサ 10 を構成する。センサ 10 の静電容量はダイヤフラム 16 (a x b) および電極 26 の面積、ダイヤフラム下の間隙 (d - d₁₁)、および空気または真空の誘電率により決まる。静電容量は以下のように表される。

$$C = \iint \frac{\epsilon_0 dx dy}{(d - d_{min} \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{\epsilon_s})} \quad [1]$$

なお、 $dx dy = dA$ - ダイヤフラム上の基本面積

ϵ_0 = 空気または真空の誘電率

ϵ_s = ガラス（層32）の誘電率

d = ダイヤフラムと基板間の距離

である。

したがって、接触領域（接触モード）では、

$$d = d_{min}$$

であり、

$$(d - d_{min} \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{\epsilon_s}) \rightarrow d_{min} \frac{\epsilon_0}{\epsilon_s}$$

となり、

$$C = \iint \frac{\epsilon_s dx dy}{d_{min}} \quad [2]$$

となる。

ギャップ d はシリコンエッティング（図8(a)～図8(i)を参照して後で説明）により形成される。 d_{min} は電極26上の絶縁層32の所定厚さである。つまり、 d_{min} は絶縁層の上面と基板との距離である。 d_{min} の変化、例えば図3において電極を覆った絶縁層の曲線で表すような変化は無視できると考えられる。好ましくはP'エッチーストップ技術を用いてシリコンダイヤフラムが形成される。この場合、ダイヤフラムの厚さ h は、正確に制御することのできるP'層の厚みによって決まる。好ましくは、 d_{min} は全ての関連する領域において約0.3～3.0ミクロンとする。しかし、本発明の利点が達成される限り、 d_{min} および他の全ての構成要素の寸法は適宜決めてよい。

密封真空チャンバ34がダイヤフラム16の下に形成される。電極26は壁2

0の下に延在し、電極26のポンディングパッド36（開口18内に配設されている）を密封真空チャンバ34内の電極26に接続している。従って、ダイヤフラム16上の圧力変化に起因するチャンバ34の容量変化が有用に検出される。

図2、図4、図5は電極24、26の相対位置を示す。電極26上には絶縁層

32が堆積されている。図4に示すように、電極24が絶縁層32上に配設され、絶縁層32が電極間に介在し両電極を相互に分離・層化している。更に図5に示すように、電極24は分離壁20の下側で途中まで延在しており、チャンバ34には達していない。これにより、チャンバ34の真空状態を維持したままで、電極24は壁20を介してダイヤフラム16に接触する。

図3、図4から分かるように、電極26は分離壁20の下側をチャンバ34から開口18まで延在している。この構成ではチャンバ34の真空状態を維持するのが困難となる。具体的には、当業者には明らかなように、例えば、電極26の縁部により、分離壁20の下側の絶縁層内に小さな隆起または突部が形成されるため、間隙38、40が分離壁20と絶縁層32間に形成される（図6）。これらの間隙38、40が存在するために、チャンバ34の真空状態を確実に維持するのが困難となる。この問題を解決するために、本実施例では、図7に示すように、電極26の厚みと絶縁層32の厚み、つまり、 d_{11} を注意深く選定している。また、絶縁層32が間隙38、40に順応、あるいは間隙38、40に沿って変形して間隙38、40を封止するように、ポンディング処理および／または熱処理が設計されている。好ましくは、壁20の下に位置する領域において、電極26の厚さは約0.1～0.3ミクロン、層32の厚さは約0.3～3.0ミクロンである。従って、分離壁20と絶縁層32との界面および電極26と絶縁層32との界面において真空シールが保持される。

埋め込みフィードスルーを有するセンサ10の形成方法を図8(a)～図8(i)に示す。同図に示すように、プロセスは、<100>p-型シリコンウェーハ42から始める（図8(a)）。KOH（または他の適切なエッティング液）を用いてシリコンウェーハをエッティングしてウェーハ42内に所望の間隙44、46を形成する（図8(b)）。次に、ボロン拡散を行ってP'層ダイヤフラムの

厚さ h を決定する (図 8 (c)) 。

ウェーハ 4 2 への静電ボンディング前にガラス基板 1 4 を準備する。電極 2 6 をスパッタリングで形成し (図 8 (d)) 、次に、スパッタリング処理した 7 7 4 0 型ガラスまたは同等のガラス組成物から成る絶縁層 3 2 の下に電極 2 6 を埋め込む (図 8 (e)) 。これにより、ダイヤフラム 1 6 がチャンバ 3 4 の底に接触する。

触したとき、電極 2 6 をダイヤフラム 1 6 から完全に絶縁する。次に、ボンディングパッド 3 6 (図 3) を覆っている絶縁層をマスクを用いてガラスをエッチングすることにより取り除く。また、電極 2 4 が結果的に層 3 2 上にスパッタリングで形成されウェーハ 4 2 (ダイヤフラム 1 6) に接触する。

好ましくは、基板 1 4 、電極 2 6 および絶縁層 3 2 の組体に対して熱サイクルを行う。先ず、層 3 2 が電極 2 6 周りで変形するように、この組体を 5 0 0 ℃ ~ 5 5 0 ℃ に約 3 0 分間加熱する。次に、約 3 5 0 ℃ ~ 4 0 0 ℃ の温度を約 3 0 分間かける。これにより組体内のガラスが弛緩し一様になり、所望の温度係数が得られる。次に、3 5 0 ℃ ~ 4 0 0 ℃ でシリコンウェーハ 4 2 を静電的にガラス基板 1 4 に接合する (図 8 (f)) 。最後に、組体をゆっくりと約 1 時間かけて冷却する。

次に、EDP (または KOH または他の適切なエッチング液) を用いて、ウェーハ 4 2 に対し深いシリコンエッチングを行いダイヤフラム 1 6 と電極開口キャップ 4 8 を形成する (図 8 (g)) 。ダイシング後、電極キャップ 4 8 を開口する (図 8 (h)) 。電極 2 6 (電極パッド 3 6) への接続を行う前に、ボンディングパッド 3 6 を覆うキャップ 4 8 の下側の絶縁層が除去される (図 8 (i)) 。

完成したデバイス 1 0 に対し配線を行いパッケージングを行う。

この構成では、P 型シリコン内に別のフィードスルーチャンネルが形成されることはない。アノードボンディング領域の下側に位置する薄い金属フィードスルー、つまり、電極 2 6 がガラス基板 1 4 上に形成される。シリコンダイヤフラム組立体 1 2 とのアノードボンディングの前に、バイレックスガラス薄膜から成る絶縁層 3 2 が、ガラス基板 1 4 上、およびパッド 3 6 の領域を除くガラス基板 1

4 の電極領域上にスパッタリングにより形成される。この層 3 2 はアノードボンディング用中間層および接触モード動作用底面電極の絶縁層として使用される。

図 8 (a) ~ 図 8 (i) のデバイス 1 0 は、低コスト、ウェーハレベルでのシール、高性能など多くの利点を有する。また、次のような 2 工程ガラススパッタリングプロセスを使用しても良く、これによりセンサ感度が向上する。第 1 の工程で S i (4 2) をガラス (1 4) に接合し、第 2 の工程で d_{sub} を電極 (2 6) の上面に形成する。

容量型圧力センサ 1 0 の好ましい動作モードは接触モードである。このモードで動作するセンサは、ある範囲に亘る圧力を監視する工業的アプリケーションで用いられている従来の容量型センサよりも更に良好な性能を発揮する。適切に設計・製作されれば、センサ 1 0 は図 9 に示すように、ダイヤフラム 1 6 が絶縁層 3 2 を介して電極 2 6 に接触した状態で動作する。接触面積の変化は印加圧力に対して線形となる。この結果、静電容量は式 [1] および式 [2] で定義したように変化し、また、接触モード領域においては圧力と共にほぼ直線的に変化する。

典型的なセンサ特性を図 1 0 に示す。この図には 3 つの動作領域が示されている。領域 I は非直線の非接触領域、つまり、ダイヤフラムと絶縁層は接触していない領域を示す。静電容量と圧力は典型的な非直線関係を示している。領域 II は、センサ 1 0 のダイヤフラム 1 6 が電極 2 6 の絶縁層 3 2 に接触し始めたときの過渡的特性を示している。曲線上に小さなこぶがあり、これは接触領域の静電容量と非接触領域の静電容量とが合わさるためである。領域 III においては、静電容量と圧力の関係はほぼ直線的となっている。この特徴は基本的には圧力の増加に伴って接触面積が増大するためである。この直線領域の動作にはこれまで知られていなかつた重要な動作上の利点がある。

接触モードの圧力センサ 1 0 の場合、接触点の位置を設計パラメータにより調節することにより、測定すべき圧力範囲においてセンサが直線的動作をするようになる。これによりセンサの設計に大きな自由度を持たせることができ、プロセスの僅かな変更だけで異なる用途に適用できる。例えば、乗用車用タイヤの測

定圧力範囲が約 50 p s i で、 トラック用タイヤの測定圧力範囲が約 100 p s i であるとする。この場合、これらセンサを製造する上で変更する必要のあるのは、 P + 拡散時間のみである。

本明細書で説明した発明は重要な利点を有する。第 1 に、 厚さが 0.1 ~ 0.3 ミクロンで、 厚さ 0.3 ~ 3.0 ミクロンのガラス層 32 で覆われ、 所定の熱サイクル処理された金属電極 26 (好ましくは Cr - Pt - Cr から成る) のフィードスルーは、 真空チャンバ 34 ための信頼性の高いシールを容易に達成し、 かつ検出のための電極への接近を可能にしている。

第 2 に、 センサの構造が堅牢となっており、 安定性が高く、 高性能で、 信頼性が高い。特に、 フレーム 22 と壁 20 の寸法は、 センサの製造および使用における過酷な環境に耐えるように決められている。

第 3 に、 好ましい接触モードで動作している場合、 ゼロ抑制を使用すると直線的動作により性能が向上し、 過負荷保護が組み込まれ、 感度が大きく増大する。直線性の程度は、 ダイヤフラムの厚さ、 ダイヤフラム下の間隙、 およびその他の寸法的要因に依る。線型動作のためのゼロ抑制は、 任意の好適な測定回路によつて達成できる。更に、 本センサは過負荷圧力に対して保護されている。それは、 圧力が増加しても、 ダイヤフラムは基板に接触するだけであり、 壊れたり、 短絡したりすることがないからである。過負荷圧力の場合、 接触面積が増加するだけである。同様に、 センサの感度は接触モードで増大する。それは、 静電容量が可能な範囲での最小値 d_{min} に等しい等価間隙を有するからである。

上記の説明は単に本発明の特定の実施例を開示しているだけであり、 本発明をこれら実施例に限定することを意図するものではない。よって、 本発明は上記実施例のみに限定されるものではない。当業者であれば本発明の範囲に包含される別の実施態様を想到できる。

【図1】

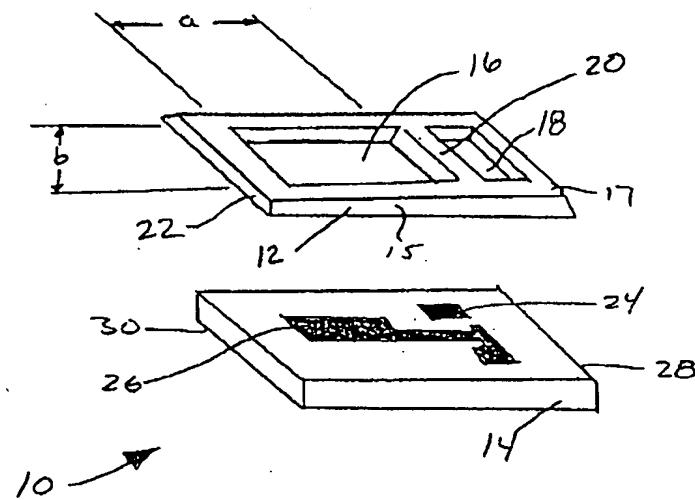


図 1

【図3】

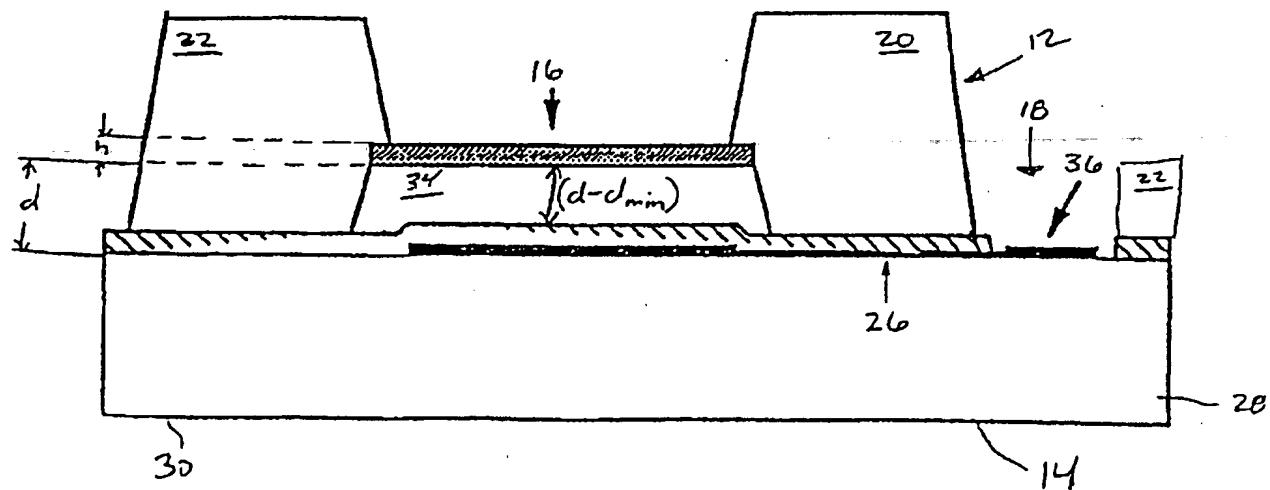


図 3

【図 2】

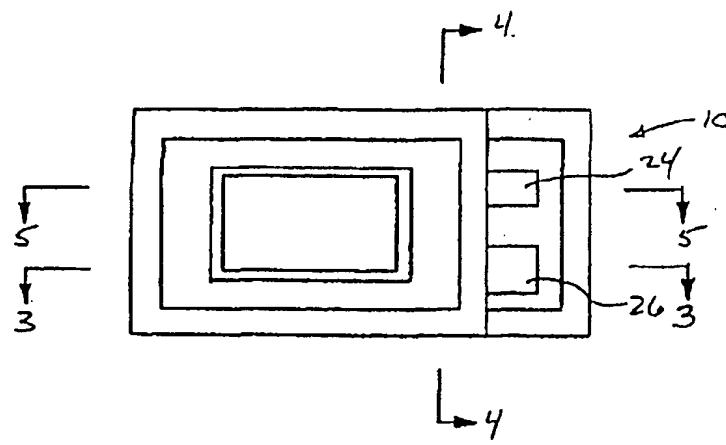


図 2

【図 4】

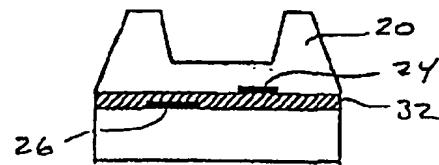


図 4

【図 5】

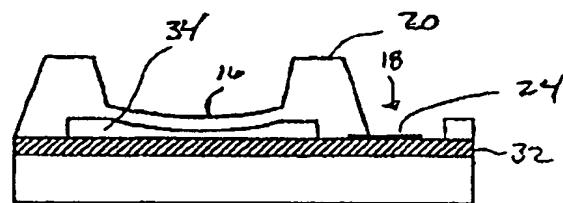


図 5

【図 6】

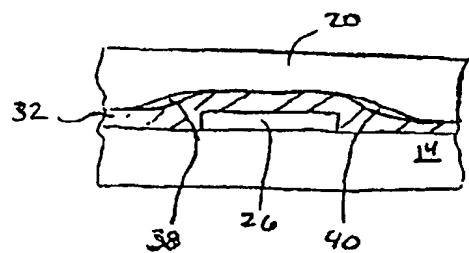


図 6

【図 7】

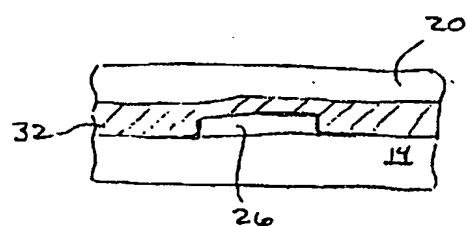


図 7

【図 8】

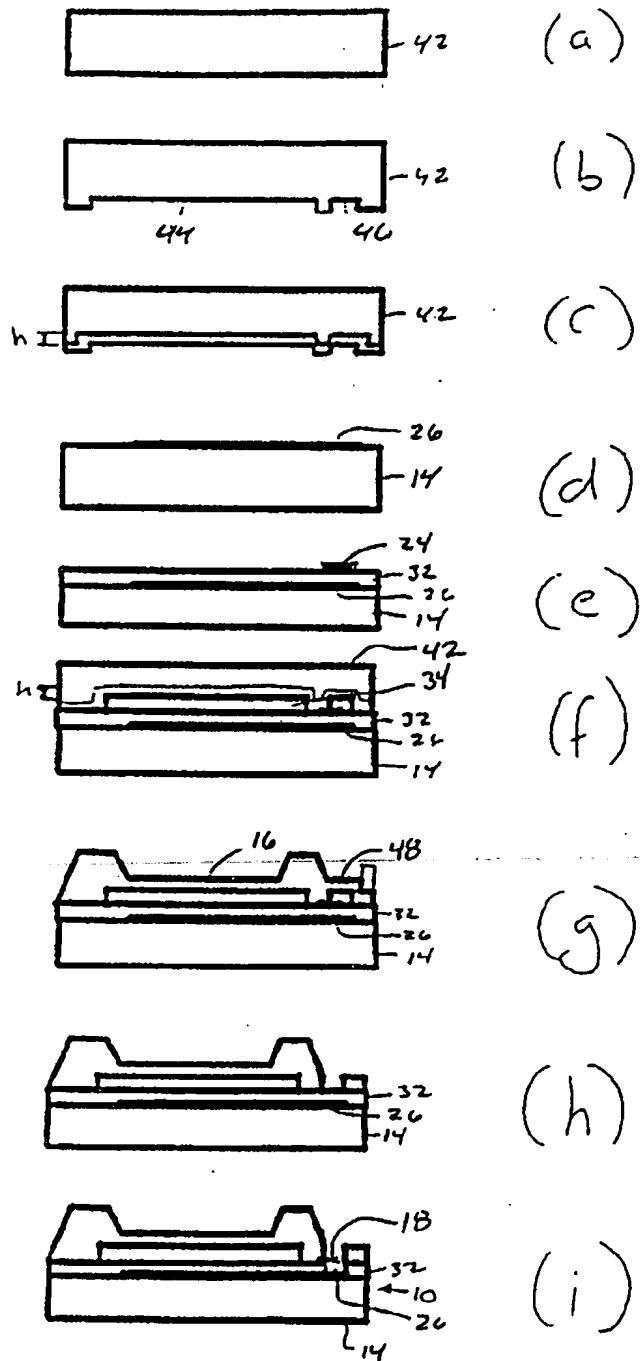


図 8

【図 9】

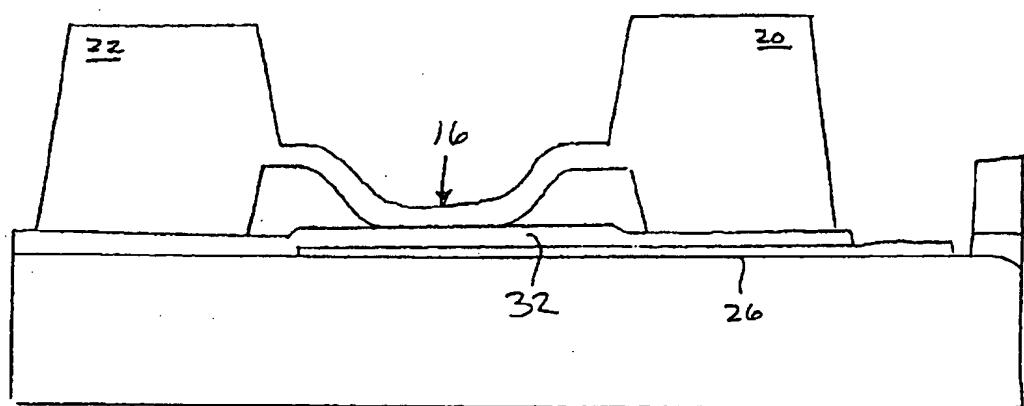


図 9

【図 10】

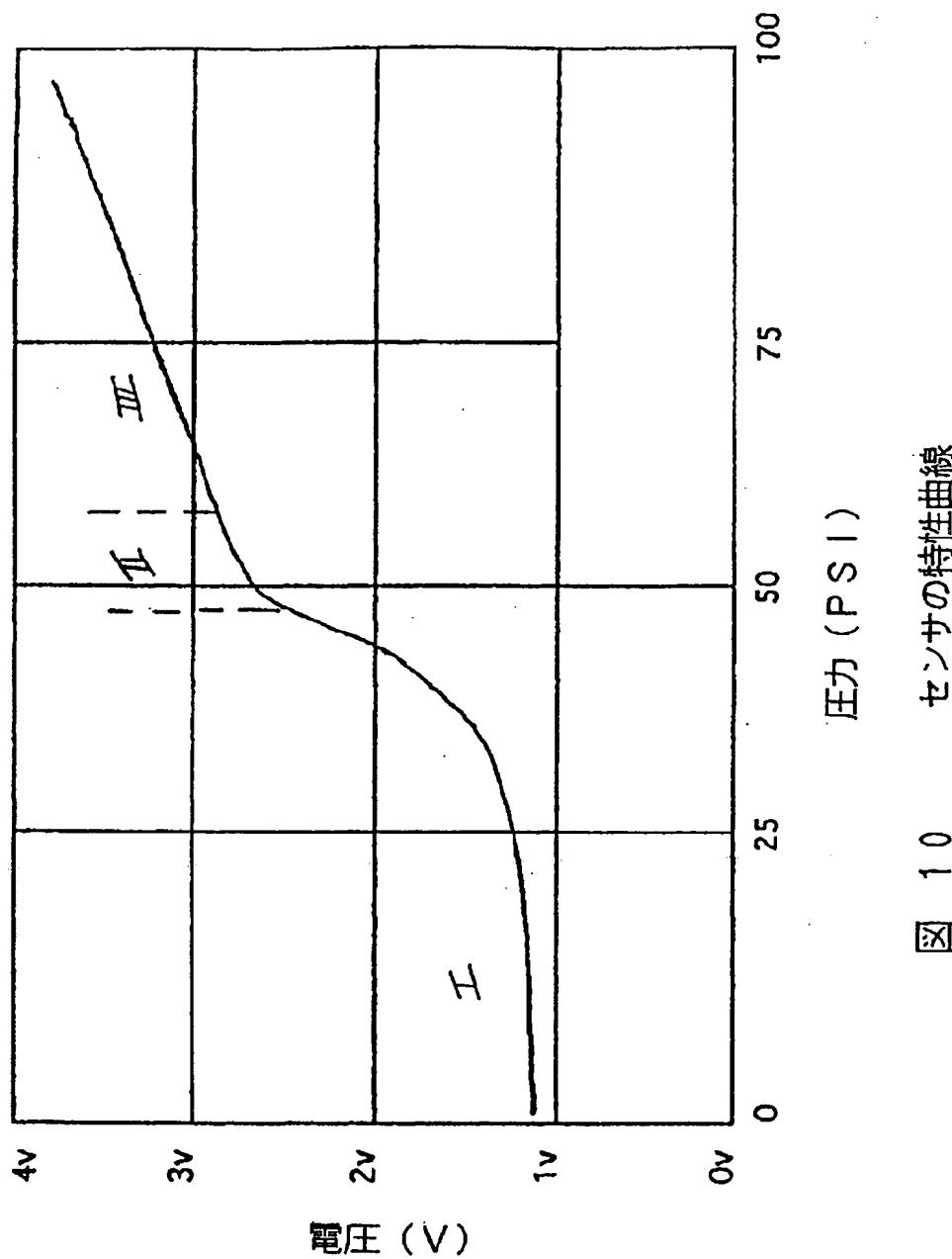
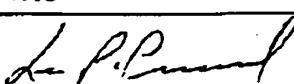


図 10 センサの特性曲線

[国際調査報告]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US95/14770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC(6) :H01G 7/00; G01L 7/08, 9/12 US CL :361/283.4; 73/715, 718, 724; 29/25.41, 25.42; 437/225, 919 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 361/283.4; 73/715, 718, 724; 29/25.41, 25.42; 437/225, 919		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5,241,864 (ADDIE ET AL.) 07 SEPTEMBER 1993, see entire document.	1-21
A	US, A, 5,201,228 (KOJIMA ET AL.) 13 APRIL 1993, see entire document.	1-21
A	US, A, 4,875,134 (KUISMA) 17 OCTOBER 1989, see entire document.	1-21
A	US, A, 4,838,088 (MURAKAMI) 13 JUNE 1989, see entire document.	1-21
A	US, A, 4,609,966 (KUISMA) 2 SEPTEMBER 1986, see entire document.	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" documents referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "T" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 17 JANUARY 1996	Date of mailing of the international search report 15 FEB 1996	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230	Authorized officer BOT LEDYNH Telephone No. 703-308-0225 	

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M
C, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG
, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN,
TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, U
G), AM, AU, BB, BG, BR, BY, CA, C
N, CZ, EE, FI, GE, HU, JP, KG, KP
, KR, KZ, LK, LR, LT, LV, MD, MG,
MN, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SI, S
K, TJ, TT, UA, UZ, VN

PCT

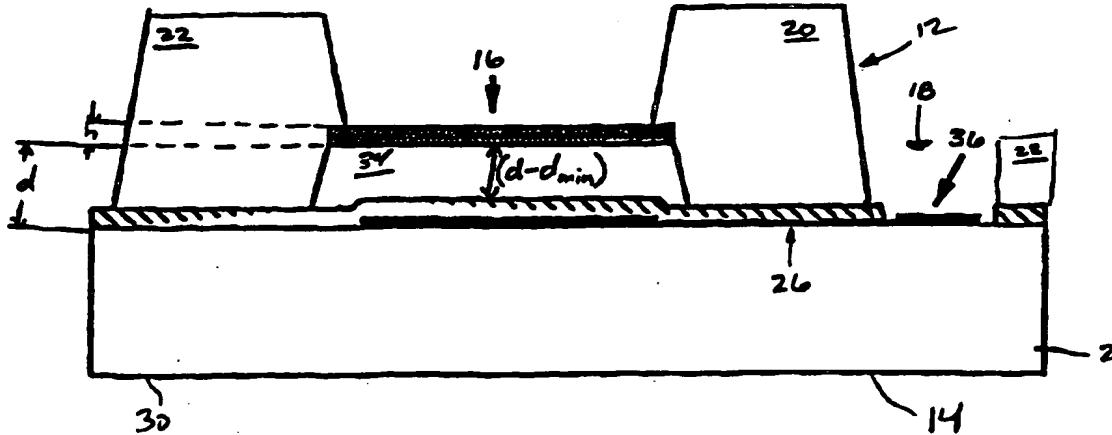
WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁶ :	A1	(11) International Publication Number:	WO 96/16418
H01G 7/00, G01L 7/08, 9/12		(43) International Publication Date:	30 May 1996 (30.05.96)
(21) International Application Number:	PCT/US95/14770		
(22) International Filing Date:	9 November 1995 (09.11.95)		
(30) Priority Data:	(08/343,712 22 November 1994 (22.11.94) US)		
(71) Applicant:	CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY (US/US); 2040 Adelbert Road, Cleveland, OH 44106 (US).		
(72) Inventor:	KO, Wen, H.; 1356 Forest Hills Boulevard, Cleveland Heights, OH 44118 (US).		
(74) Agent:	MINNICH, Richard, J.; Fay, Sharpe, Beall, Fagan, Minnich & McKee, Suite 700, 1100 Superior Avenue, Cleveland, OH 44114-2518 (US).		
(81) Designated States:	AM, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, EE, FI, GE, HU, JP, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LV, MD, MG, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SI, SK, TJ, TT, UA, UZ, VN, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG).		
Published	<i>With international search report.</i>		

(54) Title: CAPACITIVE ABSOLUTE PRESSURE SENSOR AND METHOD



(57) Abstract

A capacitive absolute pressure sensor (10) includes a substrate (14) having an electrode (24) deposited thereon and a diaphragm assembly (12) disposed on the substrate (14). As pressure increases, the diaphragm (16) deflects, touches the electrode (24) (in the touch mode), and changes the capacitance of the sensor (10). The changed capacitance is sensed to thus sense pressure changes. A burried feedthrough is used to sense the change in a capacitance in a chamber (34) under the diaphragm (16) and thus determine the pressure sensed. A vacuum in the chamber (34) is maintained by proper selection of a thickness of a sensing electrode and an insulating layer (32), exposition thereof to a thermal cycle, and the hermetic bonding of the diaphragm assembly (12) to the substrate (14).